

2 交通環境情報の構築と活用

(1) 交通環境情報の生成に係る技術開発

交通環境情報の構築と活用及び東京臨海部実証実験(概要)

Establishment and Utilization of Traffic Environment Data and the Tokyo Waterfront Area Field Operational Tests (Overview)

樋山 智 (本田技研工業株式会社), 南方 真人 (トヨタ自動車株式会社)
Satoshi Hiyama (Honda Motor co., Ltd.), Masato Minakata (TOYOTA MOTOR CORPORATION)

1 交通環境情報の必要性

自動運転車は複数種の車載センサで収集した車両周辺の情報を統合的に使って、認知・判断・操作をドライバーに代わって行いながら走行する。しかし、車載センサで収集できる情報は自車の周辺約200mの範囲であり、かつ物象として実在しているものしか認知することができないため、インフラから無線通信等により提供される様々な交通環境情報を活用することができれば、より複雑な交通環境下での運行を安全かつ円滑に実現できる。(図1)

交通環境情報には、静的な情報としての高精度3次元地図情報から、秒単位で刻々と変化する信号情報のような動的情報まで様々な情報があり、SIP自動運転

ではそれぞれの情報を場所、時刻や固有のID等による紐付けルールを定めて、より効率的に利活用するというダイナミックマップという概念に基づいて整理している。(図2)



図2 ダイナミックマップの概念

自動運転の仕組み

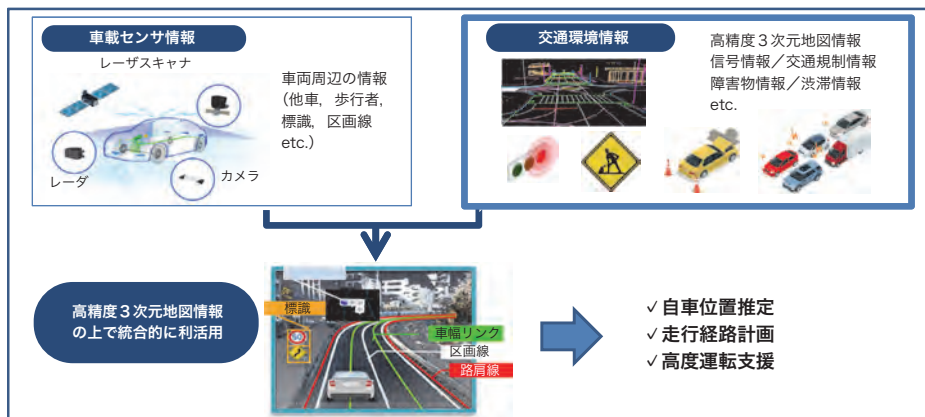


図1 自動運転における交通環境情報利活用

2 交通環境情報利活用への取組

SIP第1期では、静的情報基盤の確立に取り組み、その研究開発成果に基づき2019年、全国の高速道路・自動車専用道路約3万km分の高精度3次元地図情報提供事業が開始され、高度運転支援システム及び世界で初めて認証取得した自動運転レベル3システム搭載車両に採用された。SIP第2期では、「交通環境情報ロードマップ」(図3)を策定し、高精度3次元地図情報に紐付け利用する動的な交通環境情報利活用の仕組み構築に向けた研究開発を推進するとともに、東京臨海部での実証実験を通じて標準化・実用化に取り組んだ。

また警察庁施策として「交通規制情報のデータ精度向上」【詳細第2章(1)⑤】に取り組むとともに、これら交通環境情報の他分野での活用による新たなサービスの創出に向け、地理系データの検索ポータル(MD communit[®])の構築【詳細第5章①】にも取り組んだ。

3 東京臨海部実証実験の概要

3.1. 実証実験の位置づけ

インフラから無線通信等により提供される様々な交通環境情報や自車が保有する情報の提供及び路車/車車間の意思疎通を通信で行うことで、より安全でスムー

ズな自動運転制御を可能とする協調型自動運転システムの開発では、車両開発とインフラ開発を同期させる必要があり、様々な技術を統合していかなければならない。このため交通環境情報の利活用の仕組み構築に向けて、実交通環境下での実証実験を軸にして計画を進めた。

- ① 協調領域における技術仕様の決定、標準化の推進
- ② 自動運転車両開発及びインフラ整備の加速
- ③ 情報発信、イベントへの活用による自動運転の社会的受容性の醸成

を目的に、日本自動車工業会とも連携し国際的にオープンな実証実験環境の整備に取り組んだ。

場所の選定にあたっては、

- ① 公道実験に適した適度な交通量及び交通環境
- ② 国内外からの実験参加者の移動の利便性
- ③ 東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会の機会を利用した技術訴求等

の観点から、東京臨海副都心地域を選定した。具体的には、一般道での自動運転を想定した臨海副都心地域、高速道路における自動運転を想定した首都高速道路、公共交通機関(バス、ART)の一般道における自動運転サービスを想定した羽田空港地域、という3つの特徴的なエリアにおいて実証実験を行った。(図4)

3.2. 2019年度-2020年度実証実験

日本自動車工業会と協議し、東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会での試乗会をマイルストーン

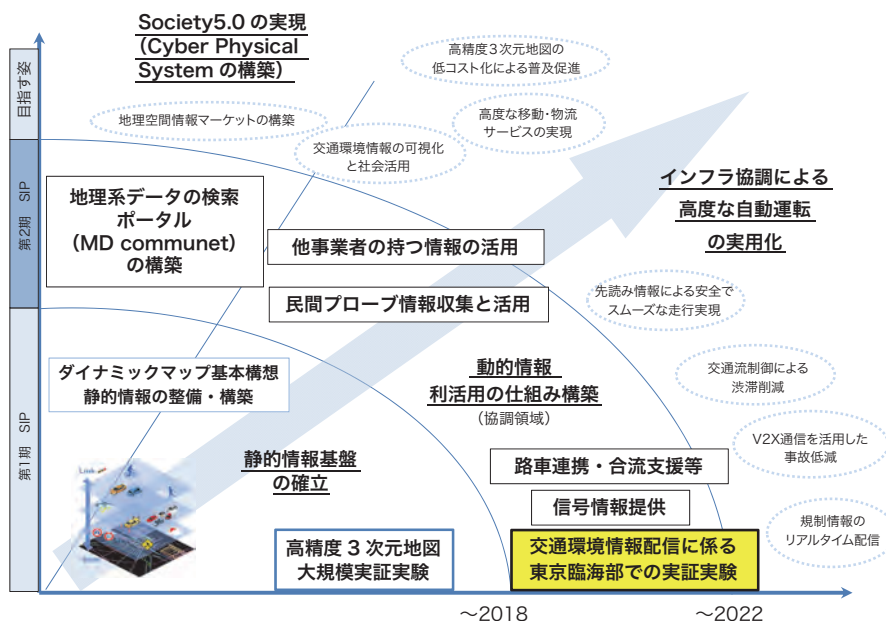


図3 交通環境情報ロードマップ

(1) 交通環境情報の生成に係る技術開発

交通環境情報の構築と活用及び東京臨海部実証実験(概要)



図4 実験エリア(電子地形図, 国土地理院)

に置き、V2I(狭域無線通信: Vehicle to Infrastructure)による信号情報、高速道路での合流支援情報等の有効性並びに必要な技術要件の明確化に取り組むこととした。実証実験の方法としては、自動運転への民間投資と、研究開発の活性化を目的とするマッチングファンド方式を採用した。すなわち、SIP自動運転が交通環境情報配信設備の設置・運用並びにそれらの情報を受信する車載機器類を準備し、実証実験の参加者は、実験車両の準備及び実験要員ほかの実験走行に関わる費用を負担した。自動運転研究開発を推進する機関を対象にグローバルに参加者を募集した結果、国内外の自動車メーカー、サプライヤ、ベンチャー企業、大学研究機関ほか、合計29の機関が参加した。(図5)



図5 実証実験参加機関(2019-2020年度)

V2Iによる実証実験環境として、お台場エリア33か所、羽田空港周辺道路7か所の信号交差点にITS無線

路側装置を設置しV2I(760MHz帯)による信号情報を配信した。(図6)



出典: 国土地理院地図(国土電子Web)

図6 ITS無線路側装置機設置交差点(お台場)

首都高速道路空港西ICには、ETCゲート/合流支援情報システムとして、本線走行車両検出センサ、合流支援情報生成サーバ及びV2I(5.8GHz帯)無線装置を設置し、ETCゲートの稼働情報及び本線を走行する車両の情報を収集配信した。(図7)

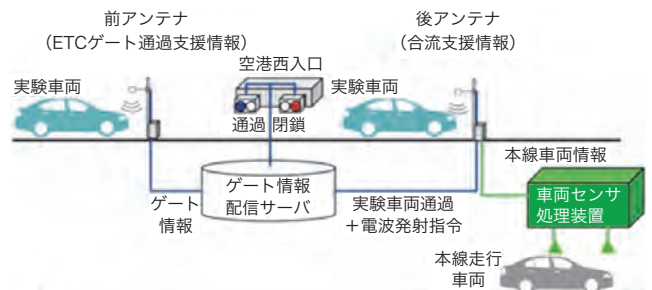


図7 ETCゲート/合流支援情報システム

『SIP第2期中間成果報告書(2018~2020)』⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾で既報のとおり、V2Iによる信号情報配信実証実験により、様々な環境下でも信号灯色情報の配信が安定的に可能なことを実証し、既にサービスが実用化されているDSSS(Driving Safety Support System)との互換性を保ちつつISO/TS19091に準拠した仕様での自動運転車での利活用有効性・実用性を実験参加者とも確認合意した。

今回の実証実験を通し、自動運転での実用化に向けた信号情報の技術的な目途付けができたが、インフラ設置の優先度に関して参加者からは、西日による逆光など交差点の立地条件等によって決まる訳ではなく、“面的な情報提供”が必須であるとの意見があった。これらの結果は、レベル4自動運転サービスの実現に向けたRoAD to the L4プロジェクトに展開し、引き

続き実装に向けた検討を進めることになっている。また、このお台場地区の“面的な実験環境”については、実験参加者からも引き続き、自動運転の開発拠点として活用したいという要望が多かった。その声を受け、次期SIPの課題候補「スマートモビリティプラットフォームの構築」においても、次ステップに向けた研究開発に活用していくこととなった。

一方、V2Iを使った合流支援情報配信実証実験の結果として、『SIP第2期中間成果報告書(2018~2020)』⁽¹⁾で既報のとおり、交通流の変化時においても正確な合流支援情報を提供するには、スポット的な情報配信では不十分であり連続的な本線走行車両検知と連続通信の技術を使ったより高度な情報提供システムが必要であることがわかった。このため実際の交通流を観測、収集したデータをもとにしたシミュレーションにより、様々な交通流変動にも対応する合流支援情報配信システムの成立性確認とシステム要件の導出を行った。【詳細 第2章(1)④】

3.3. 2021年度実証実験

2020年より新型コロナウイルス感染症(COVID-19)が拡大したことにより、東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会は2021年度に延期になるとともに、当初予定していた日本自動車工業会との連携による自動運転の大規模な試乗会も中止となった。また、各社の車両開発にも少なからず影響があり、東京臨海部実証実験の延長の要望の声も大きかったため、2021年度も引き続き実証実験を行うことにした。2019年度-2020年度実証実験の結果から、“面的な交通環境情報”の配信の要望が高かったため、2021年度実証実験では、V2Iによる信号情報の配信に加え、V2N(広域公共ネットワーク通信: Vehicle to Network)による交通環境情報の配信に取り組むことにした。(図8)

ヒアリングによる自動運転での利活用のニーズに加

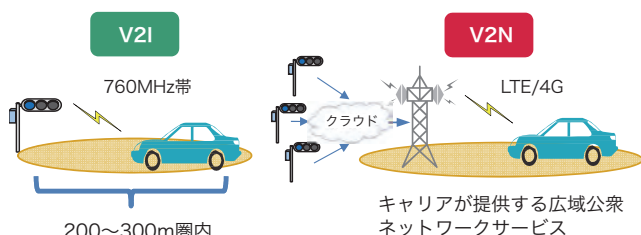


図8 V2I/V2N通信方式(信号情報の例)

え、ドライバへの情報提供での有効性等も考慮し、優先順位の高い交通環境情報として以下4つの情報の生成と配信に取り組むことにした。

(一般道路) 信号情報

(高速道路) 車線別交通流情報

(共通) 緊急走行車両情報、降雨情報

また、2019年度-2020年度実証実験と同様に、広く参加者を募った結果、22機関の参加があった。(図9)



図9 実証実験参加機関(2021年度)

V2Nによる実証実験は、社会実装を想定したアーキテクチャによる情報生成配信ネットワーク環境を構築し、広域公衆ネットワーク通信(4G/LTE回線)により実験車両に対する情報配信を実施した。(図10)

信号情報については、ITS無線路側機を設置したお台場33か所の信号交差点を対象にV2N情報配信環境を準備し、V2I/V2Nの比較検証を可能とした。

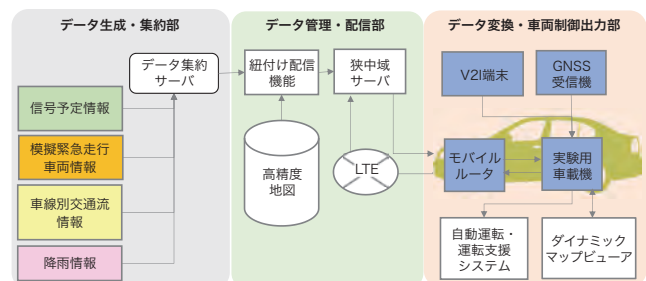


図10 V2N情報配信ネットワークアーキテクチャ

V2Nによる情報利活用にあたっては、ネットワーク経由による伝送遅延の課題が想定される。特に高い時間情報精度が求められる信号情報に関しては、各種信号制御システム方式ごとに、信号サイクルタイム予定情報生成等の技術開発を行うとともに、配信の仕組み検討及びモデルシステムによる機能確認実験にて確

認のうえで、東京臨海部実証にて検証を行った。(図11)【詳細 第2章(1)②】

実証実験の結果、走行予定経路上の必要な交差点の信号サイクル予定情報をネットワークからそれぞれの車両に効率的に配信する仕組みを実装することにより、自動運転車の走行等に活用の可能性があることを確認した。実験参加者からは、V2Nならではの面的な信号情報利用により、最適ルートプランニング、グリーンウェーブ等CO₂削減への貢献も期待できるとの意見も出された。

一方で、生成する信号サイクルタイム予定情報の精度、フェールセーフ機能の実現に課題があり、実用化に向け更なる研究開発が必要である。今後も引き続きUTMS協会に設置した技術委員会において、ステークホルダーによる検討が継続される予定である。

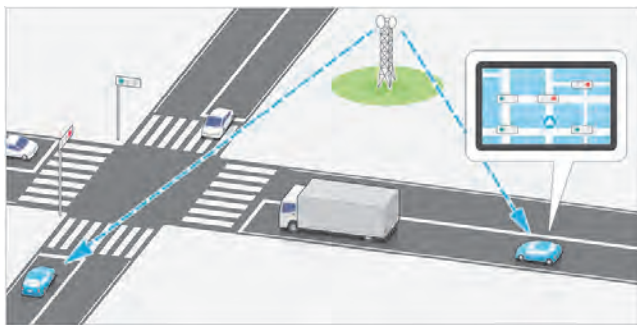


図11 V2Nによる信号情報配信

車線別の交通流情報に関しては、コネクテッドカーの普及により走行中の車両から収集可能となった車道レベル精度の民間プローブ情報を統計的に処理し、車線別の渋滞末尾情報の生成に取り組んだ。車両プローブ情報を一定数収集蓄積したうえで統計処理を行うため、その処理間隔に依存して配信情報の遅延は発生するが、既存サービスの車道レベル渋滞情報に比べ精度において優れる情報を生成配信できることを確認した。(図12)今後のコネクテッドカーの更なる普及、高度な運転支援システム搭載車や自動運転車からの収集情報の進化により、生成する情報精度の向上も期待できる。【詳細 第2章(1)③】

緊急走行車両情報の利活用に関しては、V2Vによる注意喚起サービスが実用化されているが、専用無線機の緊急車両、情報利用車両双方への搭載が前提となるため、広く普及には至っていない。

東京臨海部実証実験においては、模擬的に緊急走行車両情報を生成し配信した。実験参加者からは、2～

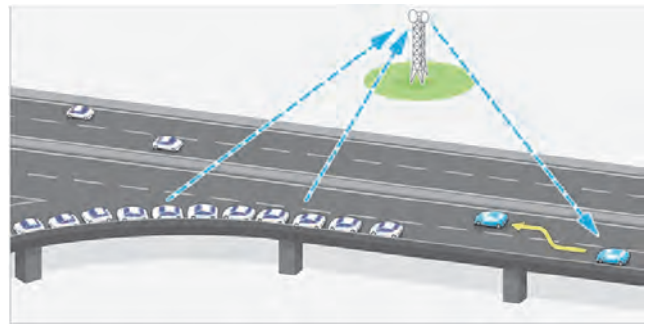


図12 プローブ情報を活用した車線別交通流情報配信

3秒程度の伝送遅延はあるものの、相対位置や相対速度が検出できるので、緊急走行車の接近による自車の回避判断に効果的であるとの評価が得られた。また、遠隔監視型自動運転には、特に有効ではないかとの声もあった。(図13)



図13 V2Nによる緊急走行車両情報配信

また東京臨海部実証実験ではないが、V2Nによる情報利活用のユースケースの一つとして、公共交通機関(バス等)や緊急走行車両の信号交差点への接近情報をV2Nで収集し、信号優先制御に活用可能かどうかという検証も行っている。地方部における実証実験の結果、優先されるべき車両が円滑に信号交差点を通過できることを確認できた。【詳細 第2章(1)⑥】

降雨情報に関しては、一般財団法人気象業務支援センターが情報提供サービスを実施している「高解像度降水ナウキャスト」を高精度3次元地図と紐付けたうえで実証実験車両に配信した。任意のエリアを選択して予報情報も含めて利活用できることを実証し、V2Nにより多種多様で広域にわたる交通環境情報を利活用可能なことを実証した。(図14)

3.4. V2Nによる情報利活用課題への取組

以上述べたように、V2Nによる交通環境情報の配信は、より広域で多様な情報の利活用の可能性があり、将来性があることがわかった。一方で、実用化に向け

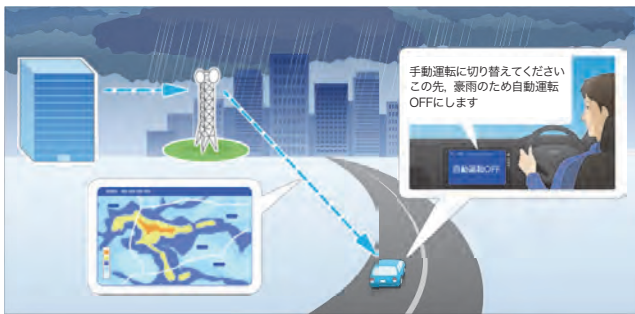


図14 V2Nによる降雨情報の配信

では解決すべき課題も多い。

東京臨海部実証実験においては、通信トラフィックの増大という問題に対して、配信する交通環境情報の具体的な利用方法を実験参加者とも議論し、情報配信方式に対する検証を実施した。

情報配信方式としては、大容量・低頻度更新に適したPULL方式と、低容量・高頻度更新に適したPUSH方式による情報利用に大別できる。(図15) 実証実験における交通環境情報の配信を通じて、両方式を使い分けることにより通信トラフィックが削減できることがわかった。また、ネットワークやサーバ負荷計測と社会実装を想定したシミュレーションを行い、実用化に向けた大規模な社会実装時に事業主体が考慮すべき課題として以下を抽出した。

- ・必要情報の効率的な選択利用の仕組みの実現
- ・ネットワーク経路による情報処理／伝送遅延の最小化と影響確認
- ・対象サービス規模実装に見合ったサーバ能力予測・通信データ量の削減

【詳細 第2章(2)③】

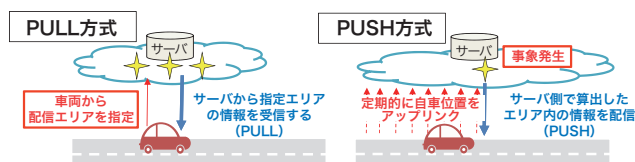


図15 V2Nによる情報配信方式

これらの課題以外についても、協調型自動運転通信方式検討TFにて、学識経験者、関係省庁、業界団体(自動車、電機)等のメンバが連携して課題の洗い出しが行われ、セキュリティ・プライバシー対策の策定など取り組むべき課題をまとめている。【詳細 第2章(2)①】 今後、産学官それぞれ役割を分担して研究開発を行い、また業界横断で議論・連携を深めながら、

V2Nによる交通環境情報利活用の実現に向けた取組が推進されることを切に期待する。

3.5. V2Nによる情報利活用の仕組み検討

V2Nによる交通環境情報利活用の実現には、その仕組みづくりも重要な課題である。欧州委員会では、モビリティに関連するデータをネットワーク通じて収集・活用するために各国ごとにNAP(National Access Point)の設置と、NAPを使ってデータ提供する仕組みを義務づけている。日本でも、今後実用化が進む自動運転や高度な運転支援システムでの、モビリティデータ活用の実例やメリット・デメリットについては継続的に調査が必要である。SIP第2期では、日本におけるV2Nによる交通環境情報利活用の仕組みのあるべき姿についてそれぞれの研究開発、実証実験を通じて検討を行った。

SIP第2期の検討過程において、V2N信号情報は、配信情報に関する高い要求精度に加え、統一されたインタフェース条件により全国的なサービスの稼働保証ができる体制の確保が必要であるなど、多様な意見が有識者、関係企業等のアンケート、ヒアリングを通じて寄せられた。これら意見を検討し、実施主体となる一元的な信号情報センター設置の必要性と、組織が具備すべき要件、条件を提案予定である。【詳細 第2章(1)②】

一方、降雨情報のような気象情報については、モビリティ用途以外も含めた情報利用のニーズやユースケースに基づき、競争領域として情報提供事業の進化、拡張が期待される領域であり、統一的な情報配信の仕組み構築によらず発展することが望ましいと考えられる。これら検討結果に基づき、V2Nによる交通環境情報利活用の仕組みについても提案予定である。【詳細 第2章(1)③】

3.6. 社会的受容性の醸成への取組

東京臨海部実証実験における産学官の自動運転実現に向けた取組に関する情報発信は、SIP-café、成果発表会をはじめとする広報活動の機会を積極的に活用した。さらには、社会的受容性醸成に向けた試乗会イベントにおいて、東京臨海部実証実験環境を使った各社の研究開発成果として、レベル4相当の自動運転実験車両による一般公道デモ走行、同乗試乗を実現し、自

(1) 交通環境情報の生成に係る技術開発

交通環境情報の構築と活用及び東京臨海部実証実験(概要)

自動運転技術の研究開発進捗の現状やSIP自動運転の研究開発成果の一端を公開することができた。(図16)【詳細 第4章(2)③】



図16 自動運転実験車両によるデモ走行

告書(2018~2020), pp.54-62, 2021.

- (3) 津田喜秋ほか：首都高速道路における実証実験データの分析，SIP第2期「自動運転(システムとサービスの拡張)」中間成果報告書(2018~2020)，pp.68-72，2021.

【本件問合せ先】……………
トヨタ自動車技術株式会社 先進技術開発カンパニー 先進技術統括部，
〒471-8572 愛知県豊田市トヨタ町1番地，担当：南方真人(masato_minakata@mail.toyota.co.jp)

4 おわりに

第2期SIP自動運転では、交通環境情報利活用に関する研究開発及び東京臨海部実証実験を通じて、自動運転実現に必要な交通環境情報の要件の明確化、情報生成と配信の仕組み構築に取り組んだ。一般道への自動運転導入に必要なV2Iによる信号情報提供の実用化の技術的な目途付けは完了し、レベル4自動運転サービスの実現に向けたRoAD to the L4プロジェクトに展開した。今後、引き続き実装に向けた検討を進める予定である。また、お台場地区の実証実験環境をレガシー化し、次期SIPの課題候補「スマートモビリティプラットフォームの構築」においても、次ステップに向けた研究に活用していくこととなった。将来の面的な情報配信のニーズから、V2Nによる様々な交通環境情報の利活用の研究開発と実証実験にも取り組み、その仕組みの有効性、提供情報の活用ポテンシャルを実証するとともに、実現に向けた要件、課題抽出及び仕組み構築に向けた提案を行った。SIP第2期における取組の成果を活用し、交通環境情報利活用の仕組み実用化に向けての取組が継続的に推進されることを期待する。

【参考文献】……………

- (1) 小林雅文ほか：インフラ協調型自動運転のための信号情報提供技術(V2I)の開発，SIP第2期「自動運転(システムとサービスの拡張)」中間成果報告書(2018~2020)，pp.16-23，2021。
(2) 津田喜秋ほか：臨海副都心地域における実証実験データの分析，SIP第2期「自動運転(システムとサービスの拡張)」中間成果報

①臨海副都心地域における実証実験

The Tokyo Waterfront City Area Field Operational Tests

津田喜秋, 吉埜孝広 (三菱電機株式会社), 室山晋也, 磯部健太郎 (アイサンテクノロジー株式会社),
渡部康祐, 秋本克哉 (日本工営株式会社)

Yoshiaki Tsuda, Takahiro Yoshino (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION), Shinya Muroyama, Kentaro
Isobe (AISAN TECHNOLOGY CO., LTD), Kosuke Watabe, Katsuya Akimoto (Nippon Koei Co., Ltd.)

(概要) 2021年度から2022年度の東京臨海部実証実験は、公衆広域ネットワーク(以下、V2N)を利用した情報配信システムを整備し、降雨情報、車線別道路交通情報、模擬緊急走行車両情報、信号予定情報の4種類の交通環境情報を使った実証実験を実施した。本実証実験では国内外の自動車メーカ、サプライヤ、ベンチャー企業、大学等計22団体が参加し、V2Nによる交通環境情報配信の有効性評価や課題整理を行った。情報配信にあたっては、情報特性に応じてPUSH方式・PULL方式を使い分けて構築し、実用化を視野に入れ通信トラフィックの増大の影響度やネットワーク経路による伝送遅延の影響度の評価を実施した。これらの実験結果を実験参加者と実証実験WGを通じて評価・検証し、交通環境情報の有効性・課題についてまとめた。

キーワード：V2N, 実証実験, 降雨情報, 車線別道路交通情報, 模擬緊急走行車両情報, 信号予定情報

1 実証実験の概要

1.1. 実証実験の目的

東京臨海部実証実験では、交通環境情報の更なる利用促進に向け、V2Nを利用した情報配信システムを整備し、降雨情報、車線別道路交通情報、模擬緊急走行車両情報、信号予定情報の配信を行い有効性の評価を行った。

1.2. 実験エリア

本実証実験の実験エリアを図1に示す。模擬緊急走



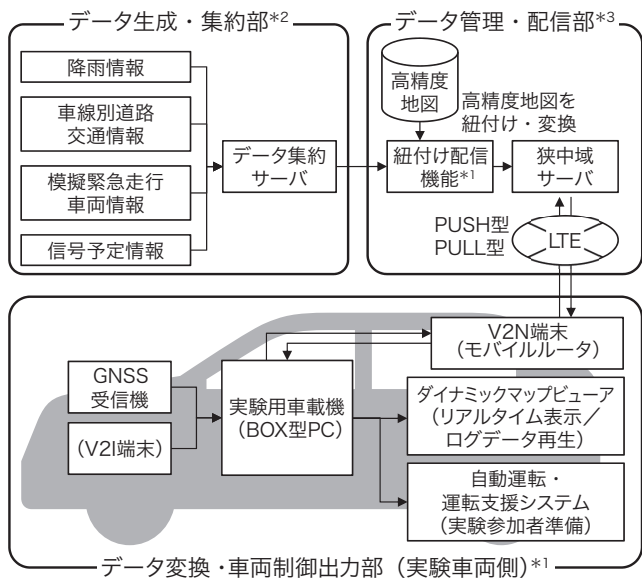
図1 実験エリア

行車両情報と信号予定情報の実験は①臨海副都心地域、車線別道路交通情報は②首都高速道路、降雨情報は広域情報としても評価を可能とするため①と②のほかに③常磐自動車道から新東名高速道路でも実施した。

1.3. 実験システム

本実証実験では将来の社会実装時のアーキテクチャを想定し、SIP第2期自動運転(システムとサービスの拡張)の別施策受託者と連携し、図2に示すように「データ生成・集約部」「データ管理・配信部」「データ変換・車両制御出力部」で構成する実験システムを構築した。

各種交通環境情報をデータ集約サーバで集約し、当該情報を高精度3次元地図に紐付け、狭中域サーバ・LTE通信網を経由して実験車両へ配信した。車両側では受信した交通環境情報と自車位置情報を実験用車載機で処理し、LANまたはCANインタフェースで自動運転・運転支援システム(実験参加者準備)に出力、また、受信情報をリアルタイム再生するダイナミックマップビューアと解析ソフトウェアを準備した。



*1: 「東京臨海部実証実験の実施」受託者担当 (本論文著者)
 *2: 「車線別プローブ等を活用した自動運転制御の技術検討及び評価」受託者担当
 *3: 「狭域・中域情報の収集・統合・配信に係る研究開発」受託者担当

図2 実験システム構成

1.4. 実験スケジュール

本実証実験の実施期間は2021年11月15日から2022年12月23日である。(図3)ここで、降雨情報と信号予定情報は実施期間全体で実施。車線別道路交通情報と模擬緊急走行車両情報は配信時期の制約から短期間で複数回実施した。なお、実証実験WGは実験成果の検証と意見交換を実験参加者を行うために毎月実施した。

項目	2021年		2022年												
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
実証実験	降雨情報	[実施]													
	車線別道路交通情報	[実施]		[実施]		[実施]		[実施]		[実施]		[実施]		[実施]	
	模擬緊急走行車両情報	[実施]		[実施]		[実施]		[実施]		[実施]		[実施]		[実施]	
	信号予定情報	[実施]													
実証実験WG	隔月/毎月開催														

図3 実証実験スケジュール

2 V2N 情報配信システムの構築・評価

V2Nによる交通環境情報の配信は、より広域で多様な情報の利活用が可能であることから、実用化を視野に入れ、クラウド上の情報を効率的に抽出する配信方式を構築し、通信トラフィックやネットワーク経由による伝送遅延の影響度合いの実験的評価を行った。

2.1. PUSH・PULL方式を活用した配信システム

V2Nを活用した配信では、情報の特性に応じてデータ量や伝送遅延に配慮した配信の仕組みが重要となる。このことから、本実証実験では図4に示すように低容量・高頻度更新に適したPUSH方式と大容量・低頻度更新に適したPULL方式の配信システムを構築し、交通環境情報ごとの特性に応じて使い分けて実施した。

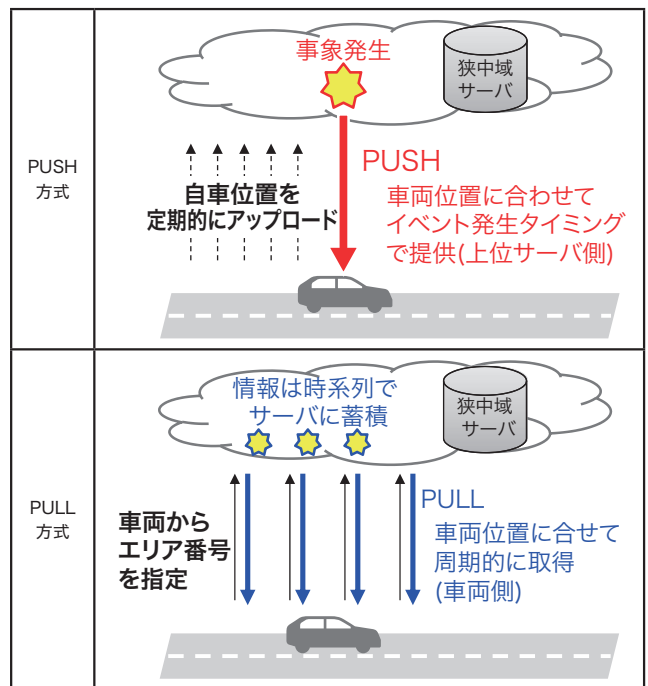


図4 PUSH方式とPULL方式

PUSH方式では、車両からデータ管理・配信部の狭中域サーバへ自車位置を定期的にアップロードし、イベント発生時に車両位置に合わせて狭中域サーバから車両へ情報を配信する。

一方、PULL方式では車両が希望エリアを指定し、データ管理・配信部の狭中域サーバから情報を周期的に取得する。

2.2. 交通環境情報の受信特性

2.2.1. 降雨情報特性

本実証実験で配信した降雨情報の概要を表1に示す。一般財団法人気象業務支援センター提供の高解像度降水ナウキャスト情報は、5分周期と低頻度で情報が提供されるのでPULL方式で実施した。降雨情報を車両側で受信した時のダイナミックマップビューア表示画面を図5、降雨情報の出力例(含:予測情報)を図6にそれぞれ示す。降雨情報は、現在時刻から30分後までの降水量情報が配信されるため、自動運転と手動運転の切り替えやドライバ向け注意喚起情報として利

用できる可能性がある。

表1 降雨情報の概要

情報源	一般財団法人気象業務支援センター
提供情報	「高解像度降水ナウキャスト」または「高解像度降水ナウキャスト(5分間降水量)」(250m格子単位での5分間の積算降水量、実況解析と5分ごと30分後までの予測値、バイナリデータ)
提供範囲	SIP第1期・第2期高精度3次元地図範囲(臨海副都心+首都高、常磐道、東名・新東名)
配信方式	PULL方式

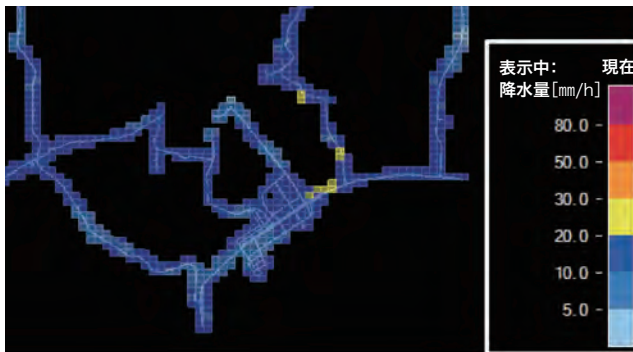


図5 降雨情報受信時のダイナミックマップビューア表示画面

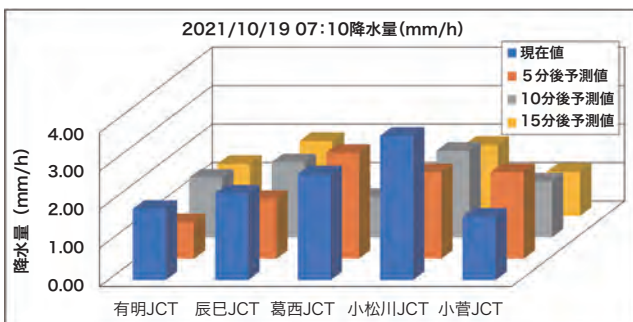


図6 降雨情報の出力例(含: 予測情報)

2.2.2. 車線別道路交通情報特性

車線別道路交通情報の概要を表2に示す。車線別道路交通情報は、高速道路を走行中の車両から提供されたプローブ情報から生成した渋滞末尾や支障発生個所の座標・車線情報等を車両側に提供する。その際、車両側で搭載している高精度地図データと当該情報を関連付けする必要があるため、図2に示した紐付け配信機能で当該情報を高精度地図上のCRP (Common Reference Point: 位置参照点) からの距離または高精度地図上の座標に変換 (ISO17572-4準拠) して車両側に提供する。車線別道路交通情報は1分周期と低頻度で更新されるためPULL方式で実施した。車線別道路交通情報受信特性を図7に示す。

表2 車線別道路情報の概要

情報源	プローブ情報(OEM・カーナビメカ)
提供情報	渋滞末尾位置情報、支障発生個所位置情報(1分周期、①発生時刻、②消滅時刻、③発生地点、④路線名、⑤車線番号、⑥発生地点確度、⑦渋滞確度)
提供範囲	首都高羽田線・湾岸線
配信方式	PULL方式

図7では、全車線で発生した渋滞末尾に実験車両が遭遇し、速度を落としながら走行し、渋滞が解消されたことで速度を上げて走行したことがわかる。

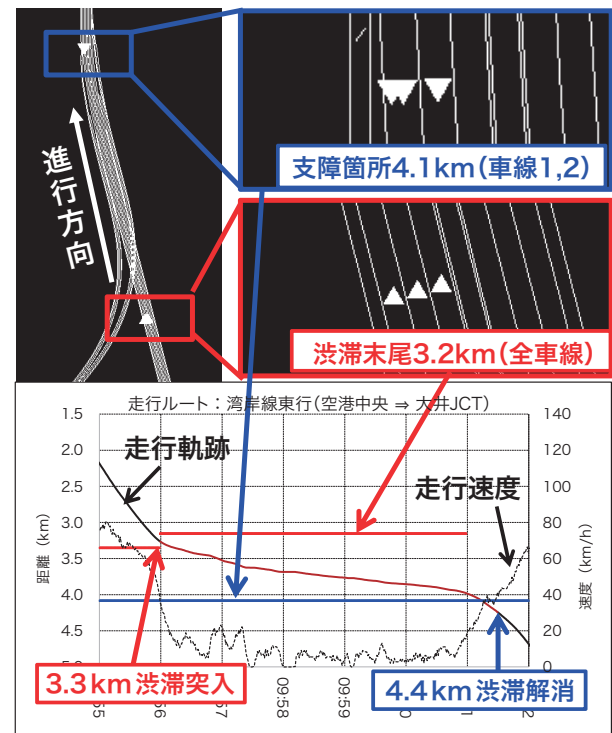


図7 車線別道路交通情報受信特性

2.2.3. 模擬緊急走行車両情報特性

模擬緊急走行車両情報の概要を表3に、受信特性を図8にそれぞれ示す。模擬緊急走行車両情報は、100m秒ごとの車両位置情報を2秒周期と高頻度で更新して配信されるためPUSH方式で実施した。

図8は、車両前方に記録された模擬緊急車両の通過

表3 模擬緊急走行車両情報の概要

情報源	模擬緊急車両(レンタカーを使用)
提供情報	模擬緊急車両の100m秒ごとの位置情報を2秒周期で配信(100m秒×2秒=20個のGNSS情報をまとめて配信)
提供範囲	臨海副都心地域の一般道
配信方式	PUSH方式

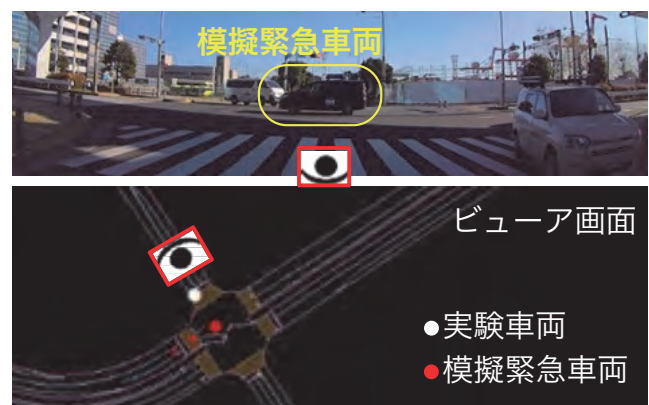


図8 模擬緊急走行車両情報受信時の車両前方画像とダイナミックマップビューア表示画面

画像と実験車両と模擬緊急車両の位置関係をダイナミックマップビューア表示で示している。また、実験車両と模擬緊急車両がすれ違った場合の車両間距離と速度特性を図9に示す。本実証実験を通じて、将来の社会実装時の緊急走行車両情報のユースケース検討や車両挙動の検討が可能となった。

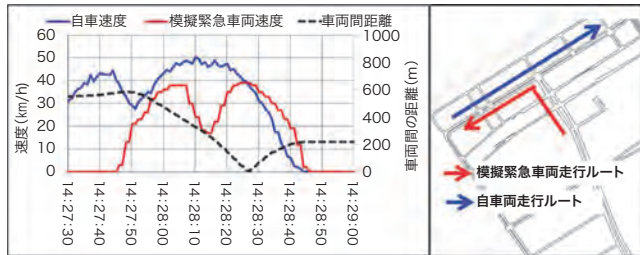


図9 実験車両と模擬緊急車両の速度及び位置関係

2.2.4. 信号予定情報特性

信号予定情報は、信号予定情報生成サーバで当該交差点の灯色情報を青信号開始時刻3秒前に生成し、データ生成・集約部とデータ管理・配信部を介して実験車両に提供される。信号予定情報の概要を表4に示す。

表4 信号予定情報の概要

情報源	警視庁
提供情報	信号サイクル確定時の灯色の予定情報 今回の実験は、信号予定情報開始時刻の3秒前に生成・提供、サイクル開始時刻(主道路が青になる時刻)とそこからの2サイクル分の各進入方路の退出方路ごとの灯色情報を提供
提供範囲	臨海副都心地区信号機
配信方式	PUSH方式、PULL方式、交差点指定PUSH方式

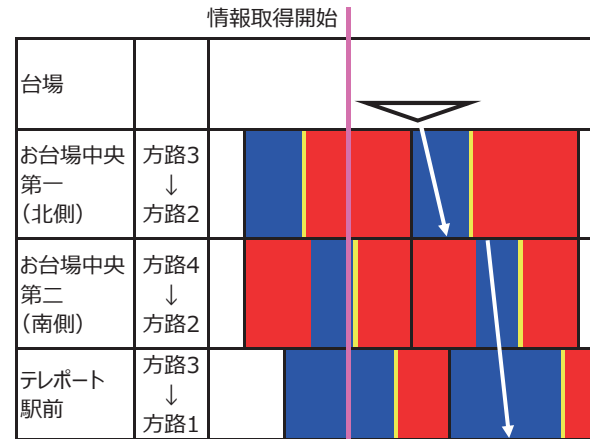
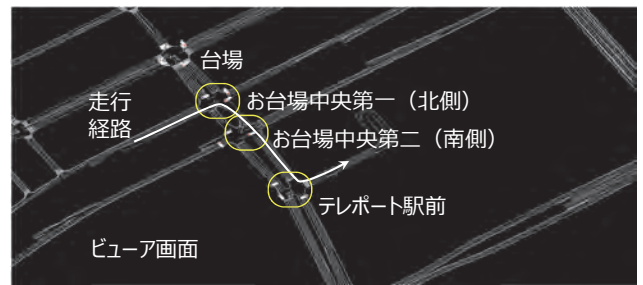
信号予定情報の実験では、将来の社会実装を想定すると様々な使い方が考えられ、本実証実験では表5に示す3種類の方式で実施した。

表5 信号予定情報の配信方式

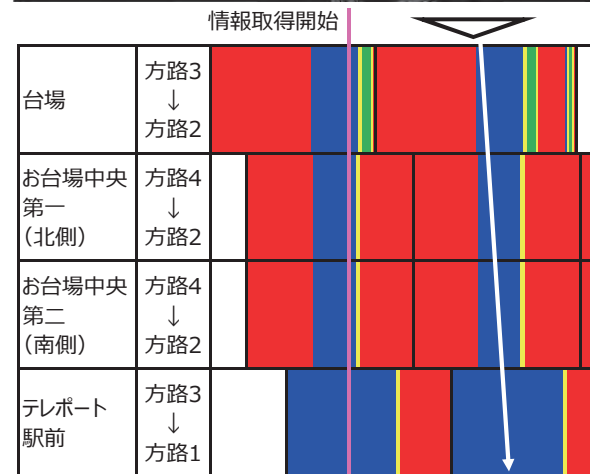
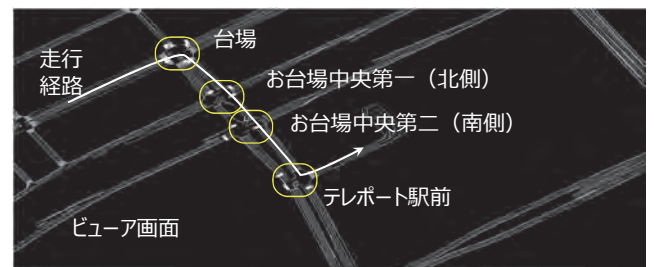
方式	特徴
PUSH方式	自車位置をデータ管理・配信部の狭中域サーバへ1秒ごとに車側から提供し、自車を中心とする指定半径距離内の交差点信号予定情報を1秒周期で配信してもらう
PULL方式	自車位置を中心とした矩形エリア内の交差点信号予定情報を1分周期で車両側からデータ管理・配信部の狭中域サーバに要求し取得する
交差点指定PUSH方式	走行ルート上の交差点ID情報(複数設定可能)をデータ管理・配信部の狭中域サーバに要求し、該当情報を信号予定情報の更新周期単位に配信してもらう
車両制御部への出力方式	PUSH方式とPULL方式の場合は受信した信号予定情報のうち、車両進行方向の交差点の信号予定情報を100m秒ごとに出力。また、交差点指定PUSH方式の場合は指定した交差点の信号予定情報を100m秒ごとに出力

図10に信号予定情報の受信特性を示す。ここでは、交差点指定PUSH方式を示す。

図10は、(1)に示すようにお台場中央第一(北側)手前から図中の3交差点の信号予定情報を要求したルート1の場合と(2)に示すように台場交差点手前から図中の4交差点の信号予定情報を要求したルート



(1) ルート1の場合



(2) ルート2の場合

図10 交差点指定PUSH方式信号予定情報受信特性

2の場合の信号灯色情報を示している。走行経路に沿った交差点の信号情報が複数同時に把握可能であるため、交差点での一時停止を回避可能となることがわかり、走行ルートの最適選定に有効である。

2.3. 配信システムの評価

2.3.1. 時刻同期特性

ネットワーク経路による伝送遅延の影響度を評価するため図2に示した「データ生成・集約部」「データ管理・配信部」「データ変換・車両制御出力部」の時刻同期を実施したうえで、配信システムの遅延時間を評価した。結果、各装置の時刻ずれは最大±20m秒に抑えることができ、配信情報のネットワーク遅延評価を可能とする試験系を構築できた。

2.3.2. 伝送遅延特性

本実証実験では、情報により配信方式が異なるため、各配信方式の通信トランザクションと遅延時間を図11⁽¹⁾に示す。

(1) 降雨情報の伝送遅延特性

降雨情報は、図11のPULL方式を採用した。降雨情報の伝送遅延は、図2に示したデータ生成・集約部からデータ変換・車両制御出力部(実験車両側)の実験用車載機(BOX型PC)の出力まで10秒から130秒生じた。一般財団法人気象業務支援センターのデータ配

信周期は5分であることから、伝送遅延に問題はないと思われる。なお、データ要求の間隔を1分以下にする場合は通信トラフィック増に繋がるため、現在の設定が望ましい。

(2) 車線別道路交通情報の伝送遅延特性

車線別道路交通情報配信は、降雨情報と同様にPULL方式を採用していることから、車線別道路交通情報の伝送遅延もデータ変換・車両制御出力部(実験車両側)の実験用車載機(BOX型PC)の出力まで最大66秒生じた。情報源の配信周期と同程度であり実験運営的に問題ない。なお、車線別道路交通情報は1分周期と低頻度で更新されることから、現在の設定が望ましい。

(3) 模擬緊急走行車両情報の伝送遅延特性

模擬緊急走行車両情報は、図11のPUSH方式を採用した。図2に示したデータ生成・集約部からデータ変換・車両制御出力部(実験車両側)の実験用車載機(BOX型PC)の出力までの伝送遅延は最大1.3秒であった。今回の実験では2秒周期で模擬緊急走行車両情報が提供されることから伝送遅延の影響はない。今後、緊急走行車両情報が1秒周期で配信される場合は伝送遅延を1秒以下にする検討が重要となるが、緊急車両の接近を事前に把握することでこの伝送遅延の影響は受けなくなると予想される。このことも含め緊急車両情報の利用方法や想定ユースケース等について検討を深めることが重要である。

(4) 信号予定情報の伝送遅延特性

信号予定情報は、図11に示した3方式で図2に示したデータ管理・配信部の狭中域サーバとデータ変換・車両制御出力部(実験車両側)の実験用車載機(BOX型PC)の出力までの伝送遅延を測定した。PUSH方式では、狭中域サーバから実験用車載機に1秒周期で信号予定情報が提供されたことで1秒程度の遅延となった。PULL方式では、車両側から1分周期で狭中域サーバへ情報提供を要求したことで60秒以上の遅延が生じた。一方、交差点指定PUSH方式では、車両側からデータ取得希望交差点情報を要求(MQTTプロトコル)し、要求に応じた交差点の最新の信号予定情報を配信するため、通信負荷も低く抑えることができ、かつ遅延時間も100m秒程度となり3方式の中で伝送遅延を最も短く抑えられる。3秒前に予定情報を確定し、100m秒程度の遅延なので、信号サイクル開始に対して十分な余裕を持って信号情報の利用が可能である。信号予定情報では交差点指定PUSH方式を採用することが望ましい。

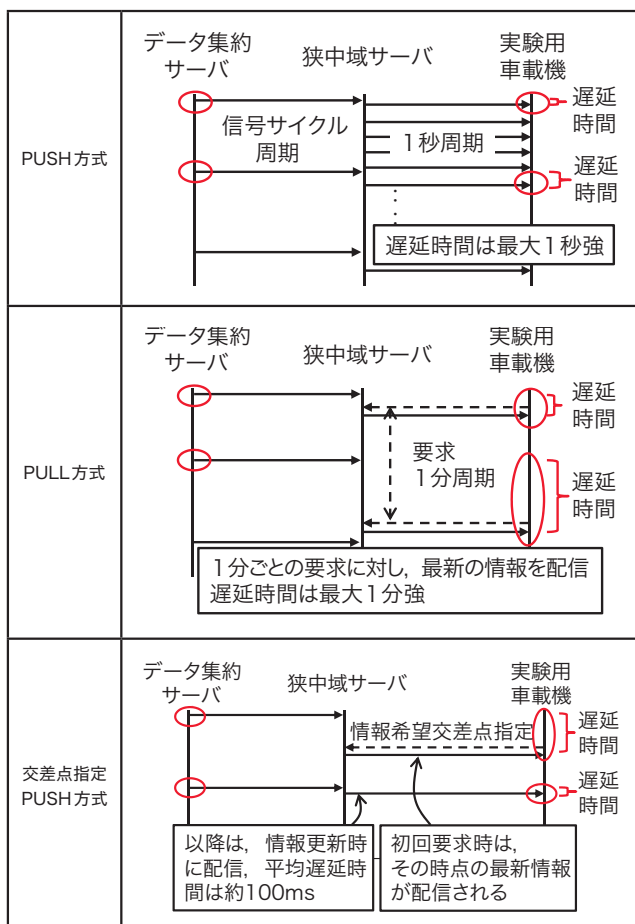


図11 配信方式(PUSH方式・PULL方式・交差点指定PUSH方式)の通信トランザクションと遅延時間

3 交通環境情報の有効性

4種類の交通環境情報について、実証実験の実施と全実験参加者及び実験環境提供者、内閣府、関連省庁、NEDOなどが参加する東京臨海部実証実験WGでの議論を通じて有効性を検討した。

3.1. 降雨情報の有効性

本実証実験で配信した降雨情報は、自動運転と手動運転の切り替えやドライバ向け注意喚起、旅行時間予測、車速調整や車間距離調整等、幅広い活用方法が想定される。また、降雨情報を運転支援・自動運転システムで活用する場合、情報生成から伝達までの所要時間短縮により、急激な気象変化にも対応できる可能性が高まる。実用化に向け降雨情報の利活用のユースケースの明確化・具体化と、ユースケースを踏まえた情報配信システムについて継続検討することが望ましい。

3.2. 車線別道路交通情報の有効性

車線別道路交通情報は、渋滞発生時（出口から路側帯まで延伸した渋滞含む）、車両制御判断（追従・車線変更）を行う場合や、走行支障事象（事故・落下物等）の事前把握による早目の車線変更や走行経路変更などのドライバへの注意喚起情報として活用が大いに期待されると考えられる。これらのシーンで、自動運転から手動運転への引継ぎ要求や予備減速、車線変更、経路変更等に活用することも想定される。また、本実証実験で配信したメッセージ内容は、情報信頼度、統計情報に基づく渋滞確率、渋滞伸縮状況、渋滞末尾位置平均車速、末尾と先頭の対応付けに関する追加要望があり、車線別道路交通情報生成を担った受託者とも共有を図った。

3.3. 模擬緊急走行車両情報の有効性

模擬緊急走行車両情報は、緊急車両の接近を事前検知できる点で運転支援・車両制御に利活用が可能である。本情報を活用するユースケースとして、緊急車両接近時に必要な対応を行うための時間猶予の確保（例：減速、停止、路肩退避、自動運転から手動運転への切替やドライバへの警告等）や高精度地図データとの組合せによる「緊急車両接近が自車への直接影響の有無」の確認や、

カメラ検知の緊急車両が緊急走行中か否かの判別等への活用も想定される。社会実装に向けて緊急車両接近時の自動運転車両挙動について、業界内でユースケースや情報の利活用についての議論を希望する。

3.4. 信号予定情報の有効性

信号予定情報（V2N）は、狭域通信（V2I）で有効であった灯色認識阻害シーンや通過判断差異シーン⁽²⁾と同様に、本情報を活用するユースケースを確認した。自車両周辺以外の広域情報も受信できるため、走行ルート計画に適用することで停車回数減少・所要時間短縮や、カーボンニュートラルにも貢献できる可能性がある。また、信号間隔が長い郊外や地方部でも巡行速度設定や運転支援に利用できる可能性から、V2N信号予定情報配信エリアの面的拡大により、自動走行可能エリアの拡張を助けることも期待される。社会実装に向け継続的に議論することが望ましい。

4 おわりに

臨海副都心地域での公衆広域ネットワーク（V2N）を利用した情報配信システムを整備し、降雨情報、車線別道路交通情報、模擬緊急走行車両情報、信号予定情報等の配信実験を実施し、実験結果と実証実験WGでの議論を通じて、配信システムや情報利活用の評価及び課題整理を実施し有効性を検証した。今後、本実証実験で確認した課題や有効性を踏まえ、ユースケースの明確化や交通環境情報配信の活用シーンの議論を進め、社会実装を進めることが望ましい。

【参考文献】

- (1) 東京臨海部実証実験コンソーシアム：2021年度「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／東京臨海部実証実験の実施」成果報告書2022年3月，pp. 42-73，2021。
- (2) 津田喜秋ほか：臨海副都心地区における実証実験データの分析，SIP第2期「自動運転（システムとサービスの拡張）」中間成果報告書（2018～2020），pp. 54-62，2021。

【本件問合せ先】

三菱電機株式会社 鎌倉製作所 ITシステム部 空間情報システム課，〒247-8520 神奈川県鎌倉市上町屋325，0467-41-6228，担当：津田喜秋

② インフラ協調型自動運転のための 信号提供技術(V2N)の開発

Technological Development to Provide Traffic Signal Information to Automated Vehicles Connected to Infrastructures (V2N)

畑崎由季子 (日本信号株式会社), 高柳雄一 (パナソニック コネクト株式会社),
馬瀨透 (オムロンソーシャルソリューションズ株式会社), 川邊俊一 (一般社団法人 UTMS 協会)
Yukiko Hatazaki (NIPPON SIGNAL CO., LTD.), Yuichi Takayanagi (Panasonic Connect Co., Ltd.), Toru Mabuchi
(OMRON Social Solutions Co., Ltd.), Shunichi Kawabe (UTMS Society of Japan)

(概要) 自動運転のための信号情報の要件として、信頼性向上及び可用性向上の観点から、信号情報と実際の灯色の誤差を±300ミリ秒以下とすること、信号情報の異常を検出し異常発生を車両に通知すること及び様々な信号制御において信号情報提供を実現することの3項目が抽出された。まず、V2I方式を対象とし、2020年度までにV2Iを用いた信号情報提供インフラ技術仕様を決定した。次いで、整備コストの低減等の観点から、2019年度にモバイル回線を利用するV2N方式について検討に着手した。2021年度までに、埼玉県における実証実験等を経てV2N方式による信号情報提供技術の確立に取り組んだ。また、V2N方式の検討の中で想定してきた社会実装モデルの中核を構成する信号情報センターの社会的機能要件についても検討した。こうした検討を踏まえて、2022年度には、17か所の交通信号機から模擬車載機までの一連の構成要素を統合した実証実験を実施し、3つの信号情報提供方式とシステム全体構成の有効性を検証した。

キーワード：V2N, 信号情報提供, 信号情報センター, MQTT

1 研究の目的

自動運転車両は、車載カメラにより信号灯色を認識するが、カメラ単体では信号灯色を認識できない場合、逆光による認識精度が低下する場合等の課題が認識されている。その対策として、インフラから信号情報提供を行うことが求められており、既にV2I方式が開発されているが、整備コスト面で課題があった。そのた

め、低コスト化を目的とし、クラウド等を活用した新たな信号情報提供手法を確立するための研究開発を2018年度からスタートさせた。(表1)

信号情報の提供手法については、交通管制センターや交通信号制御機(以下、信号制御機)で生成される信号情報をLTE等の回線を介して警察庁信号情報集約システムに一旦集約した後、配信センターに送り出すシステム構成を基本とし、管制方式、集中方式、制御機方式の3方式による実現が適用可能性の高い手法であると判断した。

3方式について、図1に示す。

表1 研究開発の全体計画

2018年度	事例調査及び実現可能性が高い手法の課題検討 ・信号情報の提供を可能とする路車間通信以外の手法の事例調査 ・路車間通信以外の信号情報提供手法の整理 ・実現可能性等が高い手法の実現に向けた課題への対応策の検討
2019年度	模擬システムによる検証及びモデルシステムの仕様書案作成 ・信号情報提供手法に対する機能・技術要件の詳細化 ・3つの信号提供手法案の模擬システムによる検証 ・2020年度事業において構築するモデルシステムの仕様書案の作成
2020年度	単一都道府県でのモデルシステム実証及び信号情報集約システムの仕様検討 ・単一都道府県警察での信号情報提供モデルシステムの整備・検証 ・警察庁信号情報集約システムの仕様の検討
2021年度	社会実装に向けた信号情報センターの在り方の検討 ・信号情報センターの要件の検討 ・他の情報との連携・統合に関する検討 ・信号情報の精度向上に向けた検証
2022年度	都道府県警察システム、警察庁信号情報集約システムの構築及び検証 ・都道府県警察での信号情報提供システムの構築・効果検証 ・警察庁信号情報集約システムの構築 ・効果検証

2 信号情報センターの社会機能的要件の検討

本事業で検討された社会実装モデルは、図2のとおりである。このモデルでは、信号情報の直接の利用者のほか、自動運転推進企業、自動運転バスを運行する地方自治体等に負担を求めている。

交通信号機を管理する都道府県警察から車両までの経路の中で、非競争領域(警察の領域+協調領域)と競争領域の間に存在する信号情報センターについては、

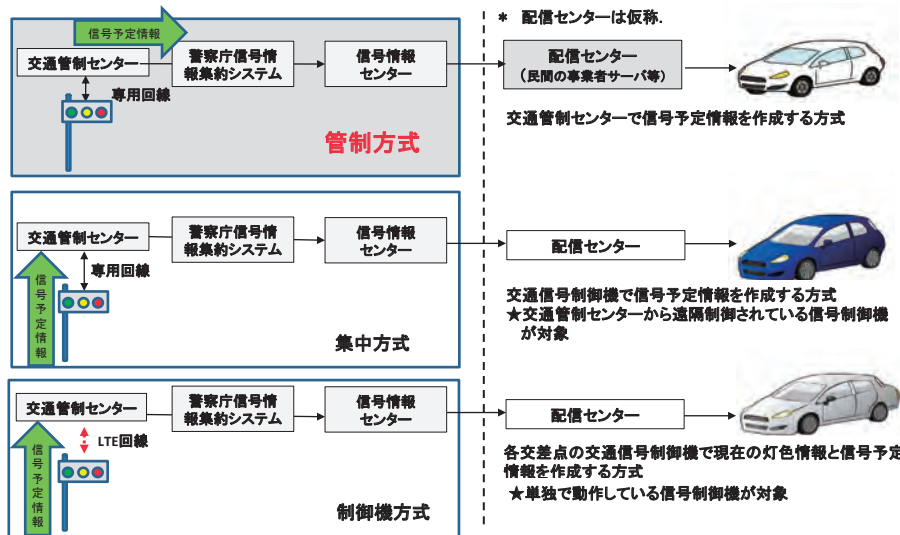


図1 信号情報提供方式

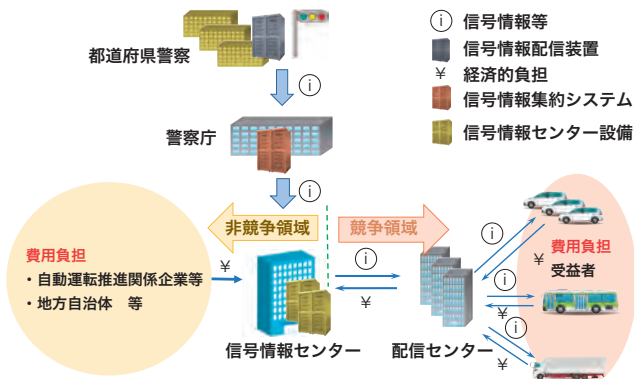


図2 社会実装モデルのイメージ

の配慮、交通情報提供を担ってきた機関の保有する人材・知見の活用、初期費用及び維持費用の負担に関する慎重な配慮の必要性等多様な内容を含むものとなった。必要な社会的機能要件については表2のとおりである。各種人材の必要性についての意見が複数あった。また、全国的に統一されたインタフェース条件により同レベルのサービスを提供する必要がある、24時間稼働できる全国的な体制の確保が必要であるという意見があった。実施主体の条件については、図3のとおり。

社会実装の成否に決定的な役割を果たすことから、ヒアリング・アンケート等の手段により有識者、関係企業等の意見を聞いた。

表2 必要な社会的機能要件

項目	必要な社会的要件	課題
組織体の運営	・経営企画機能 ・ファイナンスの確保機能	・人材確保(受益者負担の確保を含むファイナンス経験) ・関係機関との意思疎通の円滑性
信号情報の中継	・中継に関するオペレーション機能 ・イベント発生時のリカバリー対応機能	・人材確保(オペレーション経験) ・類似業務の経験
信号情報センター施設の整備・維持・管理	・信号情報センター施設の企画・設計及び関係する発注機能 ・セキュリティ管理機能 ・日常的な障害処理 ・顧客へのサポート	・人材の確保(フィールドエンジニアリング機能) ・類似業務の経験
顧客への技術的な接続	・接続用装置等の設置(信号情報センター施設の工事施行等)実施機能	・人材確保(技術管理能力) ・類似業務の経験
顧客への手続的な接続	・受付(条件の確認)機能 ・費用(受益者負担分)の徴収機能	・人材確保(カスタマーサービス経験) ・類似業務の経験
顧客への技術的なサポート	・仕様、規格等の確認等の技術サポート	・人材確保(新規開発した信号情報提供技術に関する知見)

※ 赤字の人材は信号情報センターで確保することが必要。オペレーション、施設関係は外部依存も可能。

その結果は、的確なニーズの把握、地方のニーズへ

道路交通法との関係

従来の交通情報よりも重要性が高い信号情報等を担うという観点から、少なくとも**道路交通法施行規則第38条の7第2項**を満足することが必要

「道路の交通に関する情報を提供することにより道路における交通の安全と円滑に寄与することを目的とする・・・同条第一項に規定する交通情報の提供に係る事務を行うのに必要かつ適切な組織、施設及び能力を有する」(道路交通法施行規則第38条の7第2項)

社会的要件の充足

必要な社会的要件を充足することが必要

・機能要件のうち、施設整備、技術サポートその他技術的な解決を図ることが適当な項目については、他の組織に依存することが可能

考慮すべき事項

- ・数の限定
- ・既存組織の活用
- ・経験組織の参画

・警察と競争領域の間で中継するという事業の性格上、警察側の負担、セキュリティの維持等の観点からは、信号情報センターを担う組織はできるだけ少ない数(特段の問題がなければ1組織)とすることが適切

・永続的に発展することが予想される自動運転を支えるという性格上、サステナビリティを担保する経営の確実性が重要であり、一定の実績を保有する既存の組織体の事業を拡大することにより実現することは一つの方法

・企画、経営判断等に必要の人材確保の必要性から、交通情報の分野において、経験を有する組織の参画が必要

図3 実施主体の条件

3 信号情報提供の手法について

3.1. 管制方式の概要

管制方式は、集中制御の信号制御機を対象に交通管制センターに設置する信号情報配信装置により信号情報を生成する方式である。

集中制御とは、交通管制センターにおいて、感知器情報等を用いてサイクル長、スプリット、及びオフセッ

トからなる信号制御パラメータを決定し信号サイクルが始まる前に信号制御機に指令する制御であり、信号情報はサイクルごとに異なる可能性がある。

管制方式では、信号制御機の前サイクルの制御履歴と信号制御機に指令した信号制御パラメータを用いて、信号情報を予測する。この方式では、制御履歴に付加されるタイムスタンプの精度が重要となる。

埼玉県における実証(2020年度)では、当時の信号制御機の時刻精度が低かったため、目標の信号情報の精度が得られていない。そのため、2021年度、GPSによる時刻同期が追加された信号制御機の最新仕様を対象とし、工場内検証で目標性能が得られることを検証した。

2021年度の検討の過程で新たな課題として、信号制御機にはオフセット追従時のスプリットを自ら決定する機能があるが、秒数の100ミリ秒以下の端数処理の方法がメーカーごとに異なるため、最大で200ミリ秒程度の誤差が生じることが認識された。本事業を受託した企業のうち1社の信号制御機については、その端数処理方法に合わせた信号情報作成を行うことで誤差は生じないこと実証した。(図4)他社製の信号制御機に対して、実施可能な対策がないか検討している。

信号情報配信装置の主な機能を表3に示す。信号情報の生成、配信、及びデータ蓄積機能に加え、信号情報を管理するための交差点管理情報、信号情報の精度

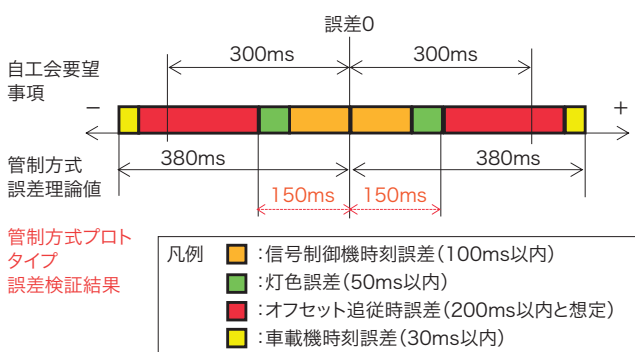


表3 信号情報配信装置の主な機能

機能名	機能概要
情報収集	端末制御ブロック経由で信号情報生成に用いる情報を信号制御機から収集する。
信号情報生成、配信	管制方式の信号情報を生成し、MQTTブローカーを介して配信する。
信号情報変換、配信	集中方式の信号情報を変換し、MQTTブローカーを介して配信する。
データ蓄積	MQTTブローカーで更新された各種情報をデータベースに蓄積する。
信号情報監視	信号情報の配信が停止していないか監視する。
信号情報検証	管制方式の信号情報の精度を検証する。
MQTTブローカー	信号情報集約システム、信号情報路側機等から接続を受け、情報配信する。

を常時監視する信号予定情報検証機能等を有する。また、同装置はMQTTブローカー機能を持ち、信号情報集約システム、信号情報路側機などの外部機器との通信をMQTTプロトコルにより行う。

MQTTプロトコルは新しい情報をプッシュ型で送信できるため、低遅延で信号情報を配信するうえで有利であることから採用している。通信メッセージは、信号情報を生成、または利用する各装置が参照する共通規格案に基づき作成される。

3.2. 集中制御方式の概要

集中方式は、管制方式と同様に集中制御機を対象としている。管制方式と異なり、信号制御機側で信号情報を生成することから、管制方式で実現できない感応制御等の即時処理にも対応することができる。

SIP事業「自動運転の実現に向けた信号情報提供技術等の高度化に係る研究開発」(2020年度終了)において、既に信号制御機における信号情報の生成方式が確立されているため、集中方式の実現においては、当該方式に準ずることを前提としている。

3.3. 制御機方式の概要

制御機方式は、通信機能を有しない非集中制御の信号制御機を対象とする方式である。現在運用されている信号制御機に信号情報路側機を追加する方式(路側機方式)と信号情報を生成できる信号制御機と無線機器を追加する方式が検討された。

路側機方式は、灯色信号のON/OFFをCTセンサで検知し信号情報を生成する方式である。非集中制御の交通信号機では曜日と時刻に応じた信号制御が行われるため、信号情報の予測が容易に行える。ただし、信号パターン変更時にオフセット追従が行われるため、誤差300ミリ秒以内の精度での予測は難しく、2020年度の埼玉県における実証試験では精度低下が見られる課題があった。そのため、2021年度に100ミリ秒単位でオフセット追従時の動作を学習する方法により対策を図った。

4 県警モデルシステムによる検証

4.1. 県警モデルシステム概要

図5に県警モデルシステム構成概要を示す。

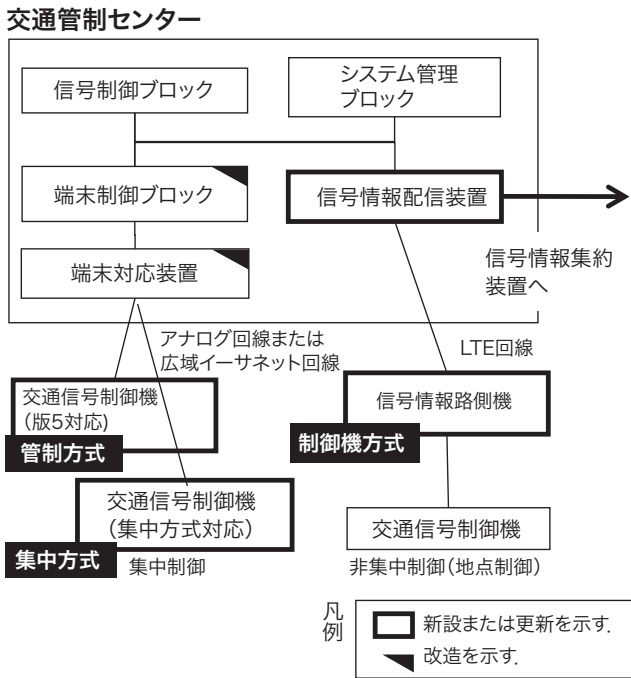


図5 県警モデルシステムのシステム構成概略

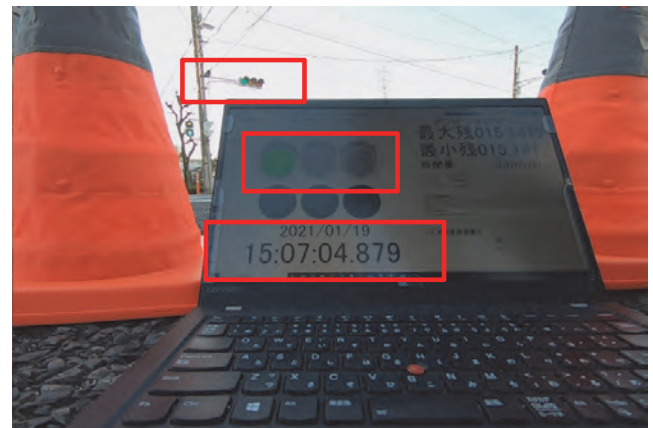


図6 動画撮影風景

変化時における信号情報の残秒数で誤差を算出することで行う。図6に2020年度の埼玉実証における検証風景を示す。動画撮影のほか、各機器に蓄積された情報を比較し、遅延時間の算出やデータ間の整合性を検証した。

4.2. 検証の目的

本検証の目的は、多種多様な交差点の信号情報を精度よく、かつよりコストを低減できる方式で提供できることを運用中の機器を用いて実証することである。そのため、表4に示す交差点を対象に検証を行う。

表4 方式ごとの検証交差点と信号制御の状況

方式	項目	対象交差点数	リコール制御数	右折感応制御数	系統制御数	夜間閃光数
管制方式		9 ^{注)}	6	0	9	0
集中方式		6 ^{注)}	3	3	4	0
制御機方式		5	1	0	4	4

注) 3交差点で管制方式、集中方式の両方を実施。

4.3. 検証項目

表5に県警モデルシステムを用いた主な検証項目を示す。

表5 県警モデルシステムを用いた主な検証項目

観点	検証項目
信号情報生成に関する検証	管制方式、及び制御機方式の精度向上 リコールや右折感応等の各信号制御への対応確認
信号情報配信に関する検証	通信インターフェースの標準化に関する検証 交差点定義情報に関する検証 通信遅延時間の検証 模擬車載機におけるΔt確保の検証
実環境、実運用に着目した検証	信号情報集約システムとの接続に関する検証 実回線の性能、GPSの受信環境等による信号情報精度への影響に関する検証 信号情報提供の長期稼働に関する検証 信号情報提供状態の監視に関する検証

4.4. 検証方法

信号情報の精度検証は、2020年度の埼玉実証と同様、信号灯器と模擬車載機を動画撮影し、信号灯色の

5 信号情報集約システムと信号情報センター

5.1. 機能の概要

信号情報提供サービスの概要図を図7に示す。

信号情報集約システムは、47都道府県に設置される信号情報配信装置からの信号情報を収集し1つにまとめる。収集された信号情報は、いずれの方式で作成されたものでも同じフォーマットであり、同様に扱える。一方、信号情報センターは受信した信号情報を民間の各信号情報配信センターへ配信する。また、社会的機能実現のため、配信履歴の管理機能、運用実績の集計機能、及び信号情報のフォーマット検証等の運用支援機能を有する。

都道府県警察の交通管制システムでは、管制方式、集中方式、制御機方式のいずれかの方式により信号予定情報を生成し、信号情報配信装置を介して配信する。次に、警察庁に整備される信号情報集約システムは、全国の信号情報配信装置から配信される信号予定情報を集約し、信号情報センターへ配信する。最後に、信号情報センターは、民間事業者により運営される配信センターへ信号予定情報を配信する。最終的には配信センターを介して、自動運転車両に信号予定情報が配信される。

信号情報センターの社会的要件を考慮し、信号情報集約システム及び信号情報センターの立場から各シス

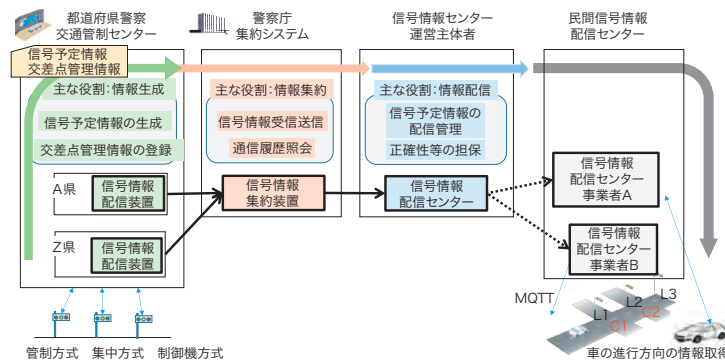


図7 信号情報集約システム等の機能の概要

テム機能を検討し、信号情報の規約整合性の確保と提供情報の管理を信号情報センター側に持たせ集約システム側はルートの本一化並びに通信監視のみとする機能の整理を行った。

5.2. 信号情報受信までの統合環境での通信時間評価

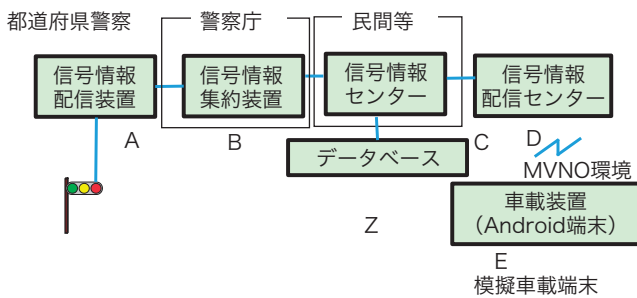


図8 一気通貫試験環境

信号情報センターでは、全国の数千を超える交差点の信号情報の配信を行い、またデータの蓄積機能等も検討しているが、処理遅延時間が大きくなることが懸念するため、図8に示すシステム構成により、模擬信号制御機から模擬車載機までを一気通貫する通信負荷検証環境についてMQTTプロトコルを共通プラットフォームとして活用することで構築した。

信号情報センターシステムの性能を測定し、より高速に信号情報を伝達するための考察を行ったが、信号情報センターから車載機までは競争領域であり、あくまで実装の参考例である。

信号情報は、灯色が黄色になる Δt 秒前(Δt は、5秒程度)に車載機に届く必要がある。そのため、簡易な模擬システムを構築し、通信遅延時間を計測した。

信号情報集約装置と信号情報配信センター間は、2048交差点(4県接続状態)での必要な帯域を机上で設計し、低帯域(12.5Mbps)環境を構築した。(図8のA-B間帯域)また信号情報配信センターと模擬車載

機間は1秒間隔のMQTT-PING通信により通信呼を永続的に確立した。

図8の各区間の通信時間含む遅延時間の1日の平均結果を図9に示す。

信号予定情報は複雑な交差点を想定し585byteのデータを用いた測定を行った。

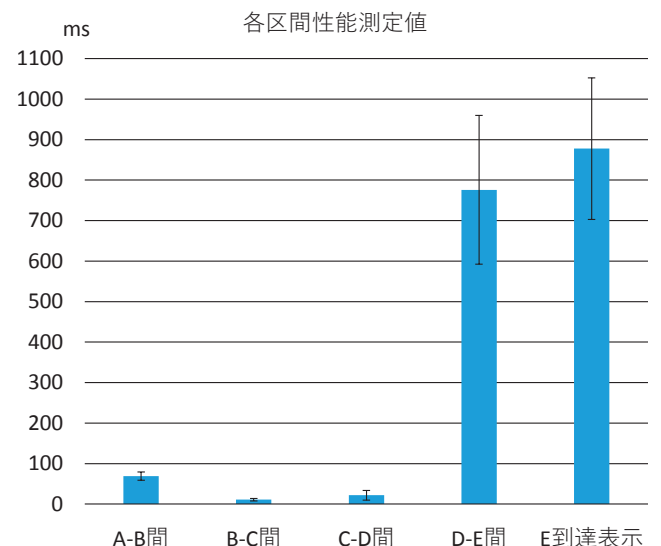


図9 各区間の通信処理時間

路側の交通信号機から模擬車載機までの時間とし1秒程度でデータ伝送が可能であることを示すことができた。模擬環境での限定的な条件下ではあるが、実環境と同程度の装置を介してサービスとして成立することを示せたのは非常に意義が大きい。

5.3. 2022年度検証環境について

2022年度は、県と警察庁は仕様書に基づいて整備した信号情報配信装置及び信号情報集約システム、信号情報センターから車載機までは模擬装置という構成の検証環境を準備して検証を行った。(図10)

また、回線網については、他のSIP実証実験環境に合わせて閉域網での評価を行った。

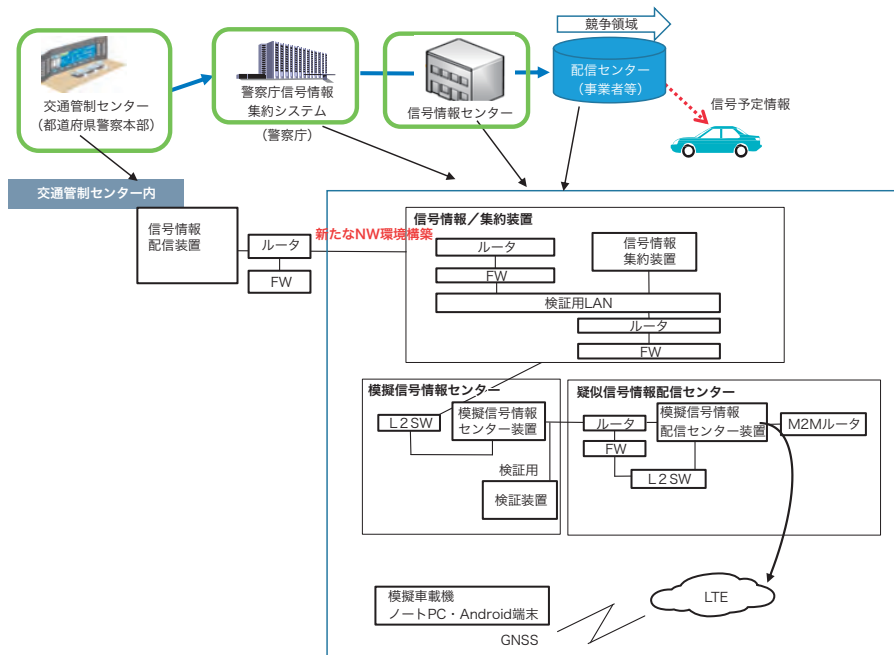


図10 2022年度検証環境

信号情報センターから車載機までの模擬装置による検証環境は社会実装時により近いと想定される環境で整備することを目的とするものである。

6 信号情報と高精度3次元地図の連携に関する検討

第2期SIP事業で、2019年度から2020年度に実施された東京臨海部実証実験では、「自動運転の実現に向けた信号情報提供技術等の高度化に係る研究開発」の成果を活用し、高精度3次元地図と紐付けた信号情報提供を実施している。そこで、その方式について調査を行い、信号情報と高精度3次元地図の連携に必要な情報を次のとおりまとめた。

- ・交差点情報： 交点IDと交差点の位置情報
- ・地図上でどの交差点を指すのか特定するための情報
- ・信号灯器情報： 灯器IDと位置情報
- ・走行ルート： 流入方路と流出方路の組合せ
- ・参照灯器情報： 走行ルートごとの参照灯器
- ・停止線情報： 位置情報
- ・地図上の灯器と信号情報の方路を紐付ける情報

また、高精度3次元地図との連携に必要な情報について、V2Nによる信号情報提供における機能配置案を表6に提案する。

東京臨海部実証実験では模擬車載機で信号情報対応テーブルを管理したが、社会実装を見据えた場合、各事業者が管理すべき情報ではなく協調領域で管理すべ

表6 高精度3次元地図との連携機能配置案

都道府県警(含警察庁)	信号情報提供における協調領域(信号情報センター・地図ベンダ等)	競争領域(自動車メーカー、自動運転事業者等)
以下の情報を提供 ・情報を特定するための交差点IDと地図上の場所を特定するための位置情報 ・方路IDと地図上の場所を特定するための情報	・信号情報(交差点ID、方路)と高精度3次元地図(停止線(方路)、灯器)とを紐付けるための信号情報対応テーブルの管理 ・高精度3次元地図と信号情報の紐付け	車両へ信号情報を配信

き情報と考える。

7 おわりに

7.1. 本事業の成果

V2N方式の信号情報提供技術については、絶対時刻の導入、交通信号機に対する新仕様の導入(GPSによる時刻同期及び1秒単位の制御から0.1秒単位の制御への変更等)により、信号情報と実際の灯色の誤差を±300ミリ秒以下とすることをはじめ、自動運転で必要となる信号情報提供の技術的要件を満足するという観点からは大きく前進することができた。

一方、今回の研究開発において想定した社会実装モデルの中核の位置を占める信号情報センターの技術的な機能要件について、58機能、画面や帳票については14画面、5帳票から構成される提案を行った。また、提案した信号情報センターの機能要件を前提に、2020年度検討した信号情報集約システムの仕様案から軽減できる機能について検討を行った。

また、セキュリティについては、可用性、継続性、拡張性等の観点から15の対策要件を提案した。

7.2. 今後の技術的課題と対応

技術面で、フェールセーフの実現、オフセット追従等への対応、異常情報の通知が通信時間分遅延することへの対応等の課題が残存しており、今後、技術的検討を継続する必要がある。

2022年度については、県警に信号情報配信装置、警察庁に信号情報集約システムを実装するとともに、模擬の信号情報センター、配信センター等から構成される検証環境を構築し、MQTTプロトコルを活用した各種検証を行った。これにより、2021年度までの模擬的検証環境では経験できなかった、実環境において初めて生じるような現象の洗い出しが可能になった。

上記残存課題及び2022年度に洗い出された課題については、2023年度以降の自主研究の中で継続的に検討を進めたい。

7.3. 方式間の棲み分け

V2N方式としては、管制方式、集中方式及び制御機方式を検討したが、特に注力した管制方式は、既存の交通安全施設を活用できることから、社会実装に向けたプロセスの推進を図るうえで期待できる技術である。しかし、V2N方式は、遅延、フェールセーフの実現等の技術的にV2I方式に及ばない面があることも否定できない。また、V2N方式で検討した管制方式以外の方式もそれぞれ技術的なメリットがある。そのため、交差点ごとの交通事情、信号制御の特性、ユースケースの内容等に合わせて、方式間の棲み分けを整理していく必要がある。

7.4. 社会実装への取組

加えて、事業化等の社会実装に向けて必要となる技術的な観点以外の課題についても検討も継続し、レベル4以上の自動運転の社会実装の実現に向けた活動を続けていきたいと考えている。

【本件問合せ先】
一般社団法人 UTMS協会、〒162-0843 新宿区市谷田町2丁目6番
エアマズ市ヶ谷7階、03-3235-6520、担当：川邊俊一(専務理事、
090-1185-5373, kawabe@utms.or.jp)